Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 74 (1983)

Heft: 1

Artikel: Einsatz moderner Leittechnik in bestehenden Kernkraftwerken

Autor: Krafft, N. / Slater, R. W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904737

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Einsatz moderner Leittechnik in bestehenden Kernkraftwerken

N. Krafft und R. W. Slater

Auch die Kernkrafttechnik entwickelt sich ständig weiter. Beim Einbau neuer Systeme in bestehenden Kraftwerken wird auf die Möglichkeiten, die die moderne Leittechnik bietet, zurückgegriffen. Ausgehend von den Prozessanforderungen werden einige wichtige Überlegungen zur Wahl der Leittechnik erläutert.

La technique des centrales nucléaires se développe aussi de façon permanente. Lors de l'introduction des nouveaux systèmes dans les centrales existantes, les nombreuses possibilités offertes par la technique moderne de contrôle et commande sont considerées. A partir des exigences d'exploitation, on explique quelques détails importants, à examiner pour l'adoption de cette nouvelle technique.

1. Einleitung

Die Erstellung von Kraftwerken unterliegt überall umfangreichen Genehmigungsbestimmungen; dies gilt auch für die Kernkraftwerke. Die Reaktorhersteller wählten schon immer in Abstimmung mit den Vorschriften (Regelwerke) und den Auslegungskriterien des Reaktors die Leittechnik für die Betriebs- und Sicherheitssysteme. Nach deren Genehmigung durch die zuständigen Behörden kamen die Systeme in Kernkraftwerken weltweit zur Anwendung.

Seit der Nutzung der Kernenergie sind die einschlägigen Vorschriften, Empfehlungen und gesetzlichen Regelwerke vom Hersteller und Betreiber zu erfüllen. Verständlicherweise hat der Umfang dieser Regelwerke im Laufe der Zeit zugenommen. Im Zeitraum 1968–1980 sind z. B. allein in den USA über 200 US Regulatory Guides sowie andere Vorschriften entstanden.

2. Ausgangslage

Entsprechend dem Stand der bewährten Technik wurden anfangs hauptsächlich elektromechanische Relais für die Leittechnik verwendet. Die Relaistechnik war zu jenem Zeitpunkt, in den sechziger Jahren, bis an die Grenzen ihrer Entwicklungsmöglichkeiten gelangt. Im Verlaufe der letzten 20 Jahre eroberte die Elektronik schrittweise die einzelnen Funktionen auf dem Gebiet der Leittechnik im Kraftwerk: Regelungen, Steuerungen, Automatisierungen, Gefahrenmelde-Anlagen, Zeitfolgemeldungen, Messwertaufbereitungen, Schutzeinrichtungen, bis hin zu den seriellen Daten-Übertragungssystemen [1]. Diese Funktionen wurden nach ihrer Entwicklung in Elektronik vorerst in konventionellen Kraftwerken eingesetzt. Im Verlaufe der Zeit entstand daraus ein abgestimmtes Geräteprogramm der Leittechnik im thermischen Kraftwerk, das bald ebenso in Nuklearkraftwerken zur Anwendung kam, allerdings unter Beachtung von zusätzlichen Forderungen betreffend Qualitätssicherung.

Schon frühzeitig machte man von den neu entwickelten Technologien Gebrauch. Ein repräsentatives Beispiel stellt die digitale Multiplex-Signalübertragung dar, in der die Datenübertragung seriell in einem Koaxialkabel (Fig. 1, 2) erfolgt. Gegenüber konventioneller Verkabelung wird dadurch eine wesentliche Reduktion der Anzahl von Signalkabeln erzielt. Der erste Einsatz eines seriellen Datenübertragungssystems in einem konventionellen Kraftwerk erfolgte 1979 im Projekt «Amer 10» in Holland [2].

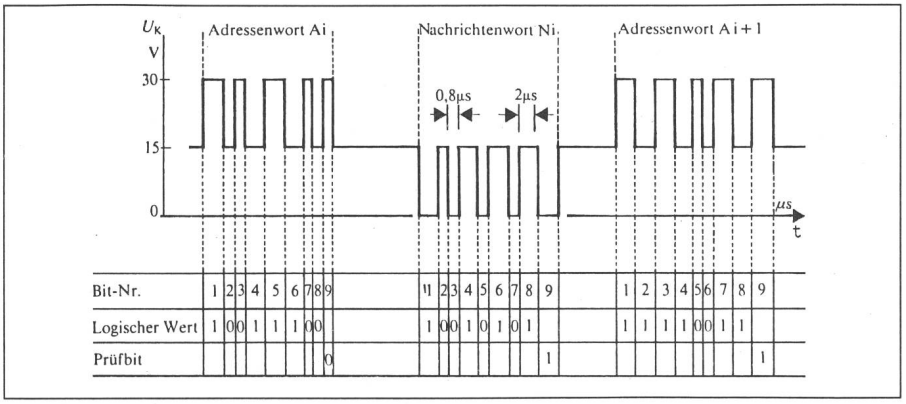

Fig. 1 Digitale Multiplex-Signalübertragung: Signalform auf dem Übertragungskabel

Adresse der Autoren
N. Krafft, dipl. Ing., und *R. W. Slater*, BSc., C. Eng. MIEE, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Abteilung TDV-3, 5401 Baden.

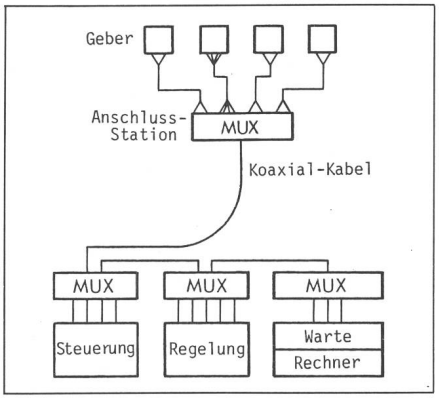

Fig. 2 Verbindungen bei Multiplex-Signalübertragung

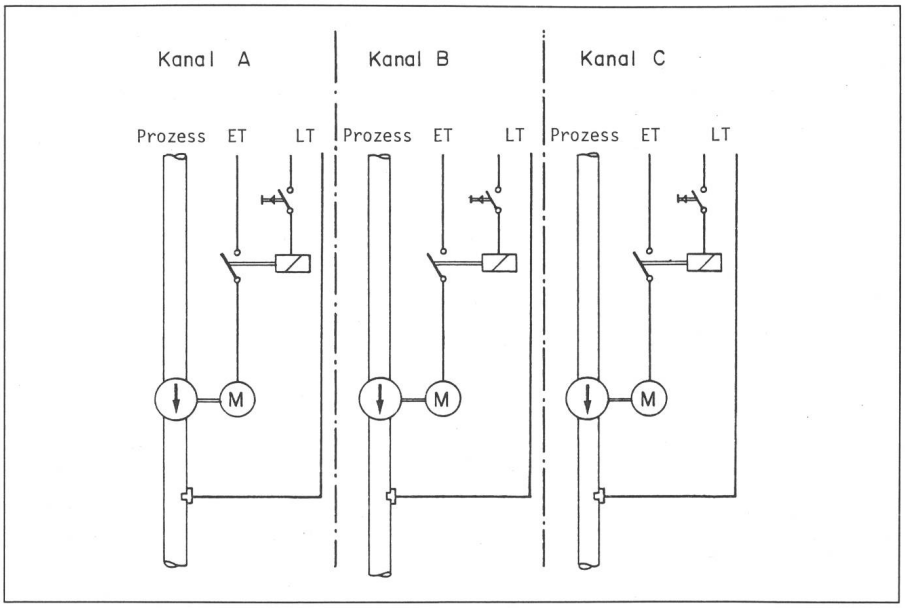

Fig. 4 Dreifach-Redundanz in einem System

Aufgrund guter Betriebserfahrungen [3] wurden solche Systeme auch für nukleare Kraftwerke eingesetzt. Im Kernkraftwerk Tihange in Belgien z. B. wurde die Verbindung zwischen dem Hauptkommandoraum und den Notsteuerstellen mit diesem Datenübertragungssystem ausgeführt. Drei voneinander komplett unabhängige Kanäle dienen in diesem KKW der Übertragung von Signalen zwischen dem Hauptkommandoraum und den drei Notsteuerstellen. Letztere befinden sich in der Nähe des Reaktors und gehören zum Sicherheitsbereich. Bei der Verwendung des seriellen Datenübertragungssystems erreicht man nicht nur eine Reduktion der Kabelmenge, sondern auch die rückwirkungsfreie Trennung der verschiedenen Steuerstellen.

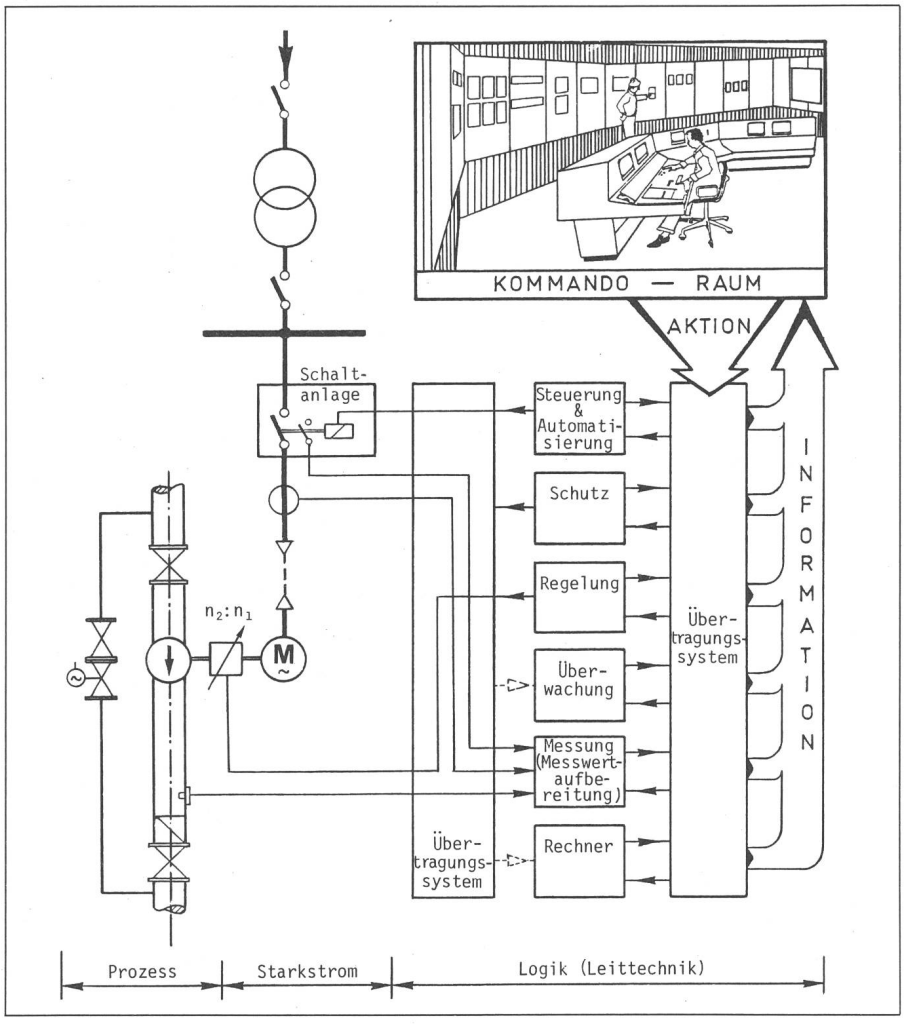

Fig. 3 Leittechnik im Kraftwerksprozess

3. Prozessanforderungen

Der Leittechnik müssen auch im Kernkraftwerk die Anforderungen des Prozesses zugrunde gelegt werden (Fig. 3). Demzufolge bestehen Kriterien für deren Auslegung, von denen zwei der wichtigsten genannt werden sollen:

Alle Nuklearkraftwerke haben gemeinsam, dass ihre Systeme in Betriebssysteme (z. B. Turbogruppe, Vorwärmer, Kühlturm usw.) und Sicherheitssysteme (z. B. Sicherheitseinspeisung, Notkühlung, Nachkühlung usw.) aufgeteilt werden. Die für die Sicherheit benötigten Systeme werden nach strengeren Anforderungen ausgerüstet als jene für den Betrieb. Sie werden benötigt, um die sichere Abschaltung des Reaktors, die Abfuhr der Nachwärme oder die Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen zu gewährleisten. Hierfür werden sie mit ihren Elektro- und Leittechnik-Ausrüstungen mehrfach (redundant) ausgeführt und besonders geschützt, um die geforderte hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit zu sichern. Es hat schon Diskussionen gegeben über die Vervielfachung von leittechnischen Elementen, wie z. B. von Druckknöpfen, in einem Kanal. Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass die Vervielfachung nur sinnvoll ist, sofern sie über alle Elemente

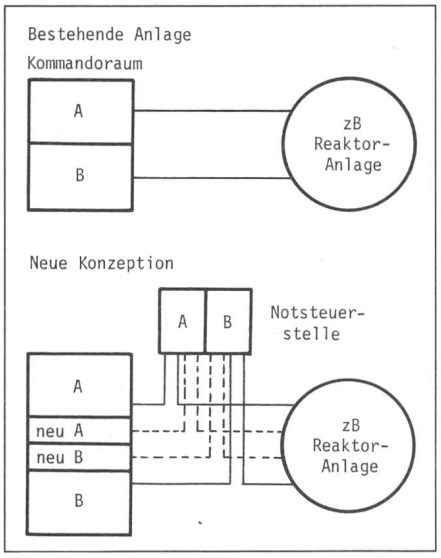

Fig. 5 Einbinden einer ergänzenden Notsteuerstelle in einem bestehenden Kernkraftwerk

eines Kanales (Pumpe, Motor, Schalter, Geber, Logik, Tasten usw.) gleichmässig erfolgt.

Weltweit wird der Betrieb der Kernkraftwerke von den Genehmigungsbehörden laufend beobachtet und überwacht. Im Rahmen der gesammelten Erfahrungen werden die bestehenden Anlagen auf ihre Richtigkeit überprüft und auf mögliche sinnvolle Ergänzungen hin untersucht [4]. Der Zwischenfall von Three Mile Island ist ein typischer Fall, der weltweit zu Reaktionen, Erhebungen und zu neuen Auflagen in einigen der bestehenden Anlagen führte.

4. Überlegungen zur Wahl der Leittechnik

Wenn die Untersuchung einer Anlage bezüglich möglicher Ergänzungen in Angriff genommen wird, geschieht dies wegen der Wechselwirkungen auf breiter Ebene. Die in Frage kommenden Ergänzungen der Prozesssysteme werden in die Schemata eingetragen, und die Ingenieure für den Prozess, Bau, Starkstrom und Leittechnik beginnen mit den Untersuchungen. Eine der wesentlichen Fragen für alle Disziplinen ist dann, wie die neuen Elemente in das bestehende Kraftwerk eingebunden werden können.

Im Bereich der Leittechnik besteht eine wichtige Aufgabe darin, die ergänzenden Systeme in die Notsteuerstellen und in den bestehenden Hauptkommandoraum einzubinden (Fig. 5). Diese Einbindung muss so ausgeführt werden, dass bei einem eventuellen

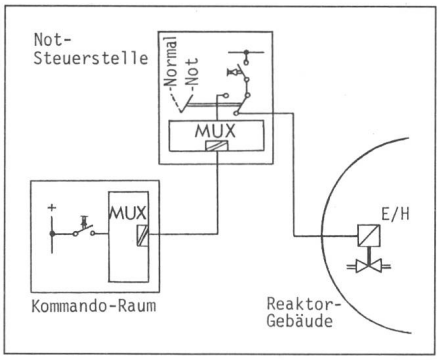

Fig. 6 Übergabe der Bedienung an die Notsteuerstelle

Ausfall des Hauptkommandoraumes die Bedienung des Systems unabhängig von dem eingetretenen Ereignis von der Notsteuerstelle aus weiter erfolgen kann (Fig. 6). Die erwähnten Erfahrungen bei der Einführung der neuen elektronischen Gerätefamilie, systemweise für definierte Funktionen, kommen dabei sehr zugute.

In Frage kommen auch Massnahmen wie Erhöhung des Automatisierungsgrades von Notkühlsystemen, Prioritätsangaben von Störmeldungen, Einsatz von selbstüberwachenden dynamischen Reaktorschutz-Systemen, Ersatz des Rechners durch einen moderneren Typ oder Hinzufügen der grafischen Darstellung der Sicherheitskriterien auf Farbsichtgeräten. Dabei gelten verschiedene Auswahlkriterien. Manche davon sind einfach und klar, andere sind komplexer und erfordern längere Studien bis zur Anwendungsreife. Hierzu einige Überlegungen:

Zusätzliche Systeme in einem Kraftwerk anzuordnen, bedeutet gleichzeitig, zusätzliche Daten zu beschaffen, zu verarbeiten und anzuzeigen. Wie dies im bestehenden Kommandoraum geschehen soll, ist eingehend zu studieren [5]. Ob in den bestehenden Pulten und Tafeln genügend Platz vorhanden ist oder vorteilhafter neue Pulte und Tafeln eingebaut werden sollen, ist zu untersuchen. Gerade im Kernkraftwerk ist die Frage der Überblickbarkeit für die Sicherheit von ausschlaggebender Bedeutung. Die Anwendung der modernen Datentechnik inklusive Datenverdichtung und grafischen Darstellungen [6] ist naheliegend. Wie weit diese Erfordernisse sich von der bestehenden Rechneranlage erfüllen lassen oder ob ein neuer Rechner aufgestellt werden sollte, ist gründlich zu evaluieren [7].

Die *Störmeldungen* im Kernkraftwerk werden gemäss dem heutigen Stand der Technik über Rechner erfasst, gemeldet und registriert. Zusätzlich wird eine konventionelle Gefahrenmeldeanlage für die wichtigen Alarme im Pultaufsatz eingebaut. Angesichts des Umfanges von Meldungen wurde die Einordnung nach Prioritäten wichtig. Die Aufbereitung der Störmeldungen erfolgt nach drei Kriterien, und zwar:

Priorität 1:	
sicherheitstechnische Alarme	Farbe rot
Priorität 2:	
betriebstechnische Alarme	Farbe orange
Priorität 3:	
vorwarnende Alarme	Farbe gelb

Figur 7 vermittelt den Eindruck, der sich dem Operateur am Schaltpult darstellt. Es ist diesem möglich, die Störmeldungen dem Prozess zuzuordnen, die Priorität sofort zu erfassen und den Inhalt der Meldung im Klartext zu lesen.

Die *Erhöhung des Automatisierungsgrades* ist eine dem Stand der Technik entsprechende übliche Massnahme [8]. In Abstimmung mit der heute zur Ver-

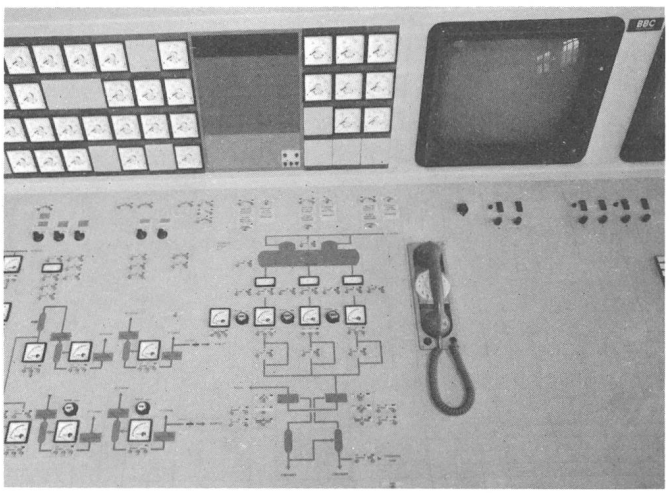

Fig. 7 Blick auf ein Schaltpult mit der Prioritätskennzeichnung der Störmeldung

fügung stehenden Schutztechnik kann der Automatisierungsgrad für gezielte Systeme ohne Bedenken sehr hoch gewählt werden. So kann z. B. ein Notkühlsystem vollständig automatisch gestartet werden, einschliesslich seiner autonomen Eigenbedarfsversorgung. Der automatische Betrieb kann in der Dauer der Nachwärmeabfuhr oder anderen sinnvollen Kriterien angepasst werden.

Die *Schutztechnik* hat sich nach Einführung der Elektronik stark erweitert. Insbesondere für Dampferzeuger wurden fehlersichere Schutzsysteme entwickelt, die auf dem dynamischen Ruhestromprinzip beruhen. Diese sich selbst überwachenden Schutzsysteme haben eine hohe Abschaltsicherheit bei gleichzeitiger hoher Verfügbarkeit. Die vorhandenen Schutzsysteme in Kernkraftwerken werden mit den neuen Systemen verglichen und sofern eine Untersuchung die Notwendigkeit nachweist, wird das alte System ersetzt.

5. Schlussbemerkungen

In jedem konkreten zu untersuchenden Fall sind die Überlegungen spezifisch durchzuführen. Es gilt, die Vorgaben der Sicherheitsbehörden, die bestehende Anlage, die Wünsche des Betreibers und die Möglichkeiten, die die moderne Leittechnik bietet, aufeinander abzustimmen.

Literatur

[1] *E. Welfonder:* Perspektiven der Leittechnik in den 80er Jahren. VGB-Kraftwerkstechnik 61(1981)3, S. 178...195.

[2] *J. Kratochvil:* Die leittechnischen Einrichtungen im Kraftwerk Amer 10 (Holland). Brown-Boveri-Mitt. 66(1979)10, S. 668...677.

[3] *W. Andres* und *H. Winzenried:* Betriebsverhalten und Übertragungssicherheit des kabelsparenden Signalübertragungssystems (KSU). Brown-Boveri-Mitt. 66(1979)10, S. 691...695.

[4] VGB-Sondertagung «Beznau und Mühleberg». Erfahrungen und Empfehlungen aus 10 Jahren Betrieb. VGB-Kraftwerkstechnik 61(1981)8, S. 639...699.

[5] *J. Candel:* Wartengestaltung für thermische Kraftwerke. Überlegungen zu einem modernen Konzept. Brown-Boveri-Mitt. 66(1979)5, S. 343...350.

[6] *K. Hillmer* und *M. Müller:* Das Farbsichtgerätesystem PAN-2. Brown-Boveri-Mitt. 66(1979)10, S. 662...667.

[7] *P. Hanbaba* und *F. Mötz:* Führung von Kraftwerken mit Hilfe rechneraufbereiteter Informationen. Brown-Boveri-Mitt. 66(1979)10, S. 652...661.

[8] *W. Andres:* Automatisierung - ein Mittel zur Erhöhung der Betriebssicherheit und Anlagenverfügbarkeit. Brown-Boveri-Mitt. 68(1981)12, S. 447...452.

[9] Leittechnik in Wärmekraftwerken 1982. VGB-Konferenz mit Industrieschau. 26...27. 5. 1982, Essen.